

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.620

¹О.І. Запорожець, д.т.н., проф.²В.І. Савченко, к.т.н., с.н.с.³Г.П. Карабцов, к.т.н., с.н.с.

А.К. Соловейкіна, с.н.с.

⁴С.В. Карпенко, н.с.

ПАЛИВО З БІОМАСИ НА ОСНОВІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ

Національний авіаційний університет

¹E-mail: zap@nau.edu.ua

²E-mail: victor_savchenko@ukr.net

³E-mail: a_25@voliacable.com

⁴E-mail: karpenko_serg@ukr.net

Розглянуто технології отримання палива з біомаси на основі опалого листя. Оцінено впровадження альтернативних джерел енергії. Наведено один зі способів вирішення проблеми утилізації опалого листя у великих містах.

біомаса, екологія, нафтопродукти, опале листя, паливо, рослинні відходи

Постановка проблеми

Один із пріоритетних напрямів у розвитку паливної бази України – упровадження енергозберігаючих технологій і альтернативних джерел енергії. Такими джерелами можуть бути різноманітні промислові та побутові відходи.

Відомо, що відходи деревопереробної промисловості використовують за такими напрямками:

- перероблення відходів у будівельні матеріали (наповнювачі в композиціях з фенолформальдегідними смолами, гіпсом, цементом);
- вигорання відходів у керамічні і композиційні матеріали;
- використання відходів як палив.

Відходи деревопереробної промисловості гранулюють, брикетують з різними домішками, такими, як вугільний пил, відпрацьовані паливно-мастильні матеріали, сланці та торф.

Крім відходів деревопереробної промисловості є інші рослинні відходи, такі, як опале листя, лушпиння і солома сільськогосподарських рослинних культур, гудиння буряка та ін.

За даними Київської міської державної адміністрації, яка контролює благоустрій і зовнішній дизайн столиці, тільки за сезон збирається понад 100 000 т листя та інших рослинних відходів.

Із цих відходів можна виготовляти біологічні добрива (гумус) для поліпшення структури і якості ґрунтів у міських і сільськогосподарських зонах.

Інша частина рослинних відходів потребує утилізації.

Рослинні відходи можна використовувати:

- як домішки до паливних композицій з тирсою, корою, стеблинами;
- у вугледобувній, нафтовій промисловості, які не мають подальшого використання;
- для отримання палива після спеціального перероблення вихідної сировини.

Паливо на основі рослинних відходів можна використовувати переважно для побутових цілей, а для промисловості як допоміжне до основного палива.

Аналіз досліджень і публікацій

Створення технологій перероблення рослинних відходів у паливо дозволить:

- 1) утилізувати рослинні відходи у паливо;
- 2) покращити екологічний стан навколишнього середовища.

Одним із джерел опалого листя і недеревинної сировини є природні запаси лісу. Лісами в Україні покрито понад 7,9 млн га.

На душу населення припадає 0,17 га лісу, а лісистість України становить 13,2 %.

Недеревинними цінностями лісового фонду є:

- кормові,
- мисливсько-промислові ресурси,
- плоди та ягоди диких і лікарських рослин.

Період після 2010 р. буде характеризуватися інтенсивним використанням біомаси для розвитку нетрадиційних енергоресурсів. Із біомаси можна додатково створити системи тепlopостачання з сумарною потужністю установок до 4700 МВт.

Як сировинні інгредієнти для палива опале листя не використовують. Під час спалювання опалого листя виділяються токсичні речовини (фосген, фенол), відходи – зола.

Для використання опалого листя як сировини для палива досліджено:

- його властивості;
- способи модифікації;
- можливості використання;
- інші складові частини опалого листя як інгредієнти продуктів другого призначення.

Під час дослідження фізико-технічних властивостей опалого листя визначено:

- кількість вологи свіжого та висушеного листя;
- водневий показник (рН) водної витяжки опалого листя;
- оптимальний розмір частинок висушеного листя як інгредієнта палива;
- зольність опалого листя.

Результати досліджень особливостей опалого листя в разі їх використання як палива [1; 2; 3] показали, що опале листя, а також інші види біомаси, наприклад, відходи сільськогосподарського виробництва (стебла та лушпиння соняшників, солома та ін.), можна утилізувати спеціальним переробленням їх в паливні брикети чи пілети.

Опале листя немає достатньої здатності до горіння, тому технологія перероблення опалого листя у паливо включає допоміжну схему їх перероблення. Опале листя повинно мати наповнювач – горючі компоненти: вугільний піл, сланці чи відпрацьовані нафтопродукти [2; 3].

Мета роботи – створення нової технології одержання палива з біомаси на основі опалого листя.

Визначення ресурсної бази України для одержання палива з рослинних відходів

Розроблення і впровадження ефективних технологій виготовлення палива на основі рослинних відходів дозволяє скоротити обсяги споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів, поліпшити екологічний і соціальний стан народного господарства.

Енергія рослинних відходів і рослинних біомас спрямована на потребу споживача у таких напрямках, як електроенергія, теплота, паливо.

Як видно з табл. 1, до біомаси, яку можна використовувати для розроблення палива, належать усі горючі речовини рослинного та тваринного походження:

- залишки та відходи сільськогосподарського виробництва;

Таблиця 1

Річний потенційний ресурс біомаси в Україні

Вид біомаси	Річні відходи, млн. т	Частка, яку можна використовувати як паливо		Річна економія палива, млн. т
		відсоток	млн. т	
Солома злакових культур	40	20	8	4,3
Кукурудза	3	50	1,5	0,7
Буряк	5	50	2,4	1,1
Листя та деревина	3	40	1,2	0,6
Гній	6	100	5,7	3
Соняшник	7	50	3,70	1,7
Усього	64	52	22	11

- солома злакових культур;
- стебла кукурудзи та соняшнику;
- відходи буряківництва;
- сухі відходи тваринництва та птахівництва;
- відходи деревообробки.

Кількість та енергетичний потенціал біомаси обчислюють із урахуванням коефіцієнта доступності (можливості енергетичного використання) для різних видів біомаси, який ґрунтується на практичному досвіді [1].

Основні інгредієнти палива

Основними елементарними інгредієнтами твердого палива є вуглець, водень і кисень.

За своїм хімічним складом паливо містить не менше 65% вуглецю відповідно до формули $C_nH_xO_y$. Для розрахунку кількості повітря, потрібного для спалювання органічних відходів (наприклад, рослинних відходів), використовують емпіричне правило, згідно з яким для видалення кожних 99,1 Дж чистої енергії необхідно $0,02832 \text{ м}^3$ повітря за нормальних умов ($15,6^\circ\text{C}$ і тиску $0,1 \text{ МПа}$).

Таким чином, для спалювання 1 кг біомаси з низькою теплотворною здатністю 8970 Дж/кг потрібно $2,594 \text{ м}^3$ або 1,3 кг повітря.

Кількість повітря для згоряння палива потрібно корелювати з теплоутворювальною здатністю органічних відходів.

Фактори небезпеки під час спалювання рослинних відходів й опалого листя

Під час спалювання рослинних відходів та опалого листя збільшується кількість звернень громадян за медичною допомогою у зв'язку з захворюванням органів дихання і алергічними

захворюваннями. Дослідження показують, що головною причиною цих захворювань є задимлення атмосферного повітря.

Таке забруднення зумовлено з еzkонтрольним спаленням рослинних відходів та опалого листя підприємствами і приватними особами.

Спалення рослинних відходів та опалого листя є небезпечним для здоров'я людини. У результаті їх спалення утворюються токсичні речовини. Наприклад, оксид вуглецю зв'язує гемоглобін крові і може призвести до погіршення стану людей, які хворіють на бронхіальну астму, серцево-судинні захворювання, гіпертонічну хворобу.

Під час спалювання опалого листя також виділяється газ – фосген (сильно отруйна речовина). Зараження повітря фосгеном з концентрацією, що перевищує граничнодопустимі значення, досягає понад 3 км в радіусі навколо джерела.

Фосген подразнює слизові оболонки дихальних шляхів, очей, спричиняє набрякання легенів, часто з летальним наслідком.

Крім того, продукти згоряння біомаси та опалого листя містять канцерогени і, таким чином, є фактором ризику онкологічних захворювань.

Паління опалого листя та біомаси є порушенням закону України «Про охорону атмосферного повітря», санітарних правил охорони атмосферного повітря ДСП 201-97, статті 77-1 Адміністративного Кодексу України. Закони спрямовані на збереження сприятливого стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини, а також запобігання шкідливого впливу на довкілля. Утилізації рослинних відходів й опалого листя для перероблення їх у гранульовану сировину як основу побутового і промислового палива дозволить зменшити викиди у атмосферу небезпечні для людини і навколишнього середовища речовини.

Технологічні засоби для оброблення опалого листя в сировинні інгредієнти палива

На основі відходів деревопереробної промисловості та лісового господарства розвинуто цілу галузь виробництва – лісохімію, вихідною сировиною якої є гілки, щепи, кора, стружка, тирса та ін. Асортимент цієї промисловості налічує понад 100 найменувань. Це виробництво целюлози і паперу, гідролізного спирту, деревинного вугілля, підсмольної жижики та ін.

Переробленням опалого листя в сировинні інгредієнти палив в Україні не займались.

Листя у своєму складі має органічні і неорганічні сполуки:

- ефірні масла;
- смоли;
- парафіни;
- солі різних металів;
- дубильні речовини;
- сапоніни;
- фенол;
- цукор.

За фізіологією листя має високу здатність до газообміну. За 1 год 1 м³ листя поглинає з повітря 3–4 л CO₂ і одночасно виділяє стільки ж кисню за товщини листа 0,1–0,25 мм.

З огляду на властивості та хімічний склад опале листя можна використовувати як сировину для деяких продуктів, у тому числі й інгредієнтів паливних композицій, після спеціального оброблення та модифікації.

Опале листя за своїми властивостями і складом становить інтерес як сировина для нових продуктів й інгредієнтів паливних матеріалів.

Кількість опалого листя з домішками гілок, кори, сучків, ягід (опадів) залежить від породного складу, віку й густини лісів та зелених насаджень міст.

Найменша кількість опадів у хвойних насадженнях із сосни і ялини, дещо більша в дрібнолистяних – з берези, осики, тополі, найбільша в широколистяних – з дуба, липи, клену.

За рік опадів абсолютно сухої речовини з листя, хвої, гілок, кори такі:

- сосняк 1,5–3,0 т;
- ялинник 18–25 т;
- діброва 3,5–4,5 т [4].

Більшість листя збирають у лісопарковій та міській смугах, тому для досліджень були відібрані листя дерев із цих зон.

Під час визначення оптимальних параметрів опалого листя перед його роздрібненням опале листя було очищено від забруднень: піску, пилу, камінців, землі, глини, прілих відходів.

Загальна вологість непідготовленого опалого листя в суху погоду становить 20–24%.

Для визначення параметрів роздрібнення опале листя збирали в зоні типових зелених насаджень площею 100×100 м. Сумарний склад суміші опалого листя вагою 10 г до промивання, містить природне забруднення пилом приблизно 0,3–0,7%, землею і камінцями 4–9%. Після промивання забруднення пилом відсутнє, а землею і камінцями 0,1–0,18%.

Листя різних рослин складається з води та сухої речовини. Їх співвідношення у листі різних рослин не однакове.

Це залежить від їх віку, умов вирощування, біологічних особливостей. Органічні речовини листя складаються з вуглеводів, білків, жирів і мінеральних сполук. Елементарний їх склад у масових частках становить: – С – 45; O₂ – 42; H₂ – 6,5; N – 15; зольні елементи – 5.

Визначення вологості опалого листя виконують методом, сутність якого полягає у висушуванні навески зразків опалого листя в сушильній шафі до постійної маси і визначення зменшення маси зразка. Дослідження показали, що оптимальна вологість має становити 8–10%.

Водневий показник рН водної витяжки з біомас опалого листя визначають для дослідження властивостей цієї рідини.

Опале листя і водна витяжка мають у своєму складі багато сполук, які під час згоряння однієї тонни утворюють 9 кг мікрочастинок диму.

Їх склад вміщує пил, оксиди азоту, угарний газ і велику кількість органічних сполук (бензопірен, діоксин та інші) і неорганічних (свинцю, ртуті).

У процесі перероблення сировини палива залишається фільтрат бурого кольору, з трав'яним запахом. Водневий показник рН гарячого фільтрату становить 6,5, рН фільтрату після охолодження до кімнатної температури і відстою – 5,0. Фільтрат після трьох місяців зберігання – прозорий, не має грибкових уражень. Ці первинні візуальні спостереження дозволяють надалі досліджувати витяжки з опалого листя та рослинних відходів як рослинний інгібітор для металів і як інгредієнт рідини для захисту рослин.

Можливе й інше використання. Витяжку можна модифікувати, виділивши частину різних сполук у фільтрат. Після цього сировина з опалого листя та рослинних відходів стає небезпечнішою для подальшого використання як інгредієнт палива та інших домішок.

Ефективність згоряння палива з опалого листя та рослинних відходів залежить від його зольності. Зола є продуктом, який залишається після згоряння палива. Залишок може бути водорозчинним і водонерозчинним. У золі містяться оксиди зольних елементів: P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, SO₃, FeO₃, Na₂O, Cl, SiO₂ та ін. Загалом зола може містити більше 70 елементів.

Якість будь-якого палива залежить від кількості золи, яка лишається в результаті згоряння. Сировину для інгредієнтів палива з опалого

листя та рослинних відходів також досліджують на зольність. Визначення зольності в сировині з опалого листя та рослинних відходів дозволяє розробити якісне паливо. Залежно від кількості золи вихідна сировина може бути модифікованою або збагаченою.

Аналіз зольності сировини з опалого листя показує, що сировина опалого листя містить у своєму складі водорозчинну золу (1,645%) і нерозчинну золу (10,88%). Наявність золи в сировині є природним фактором. У процесі підготовки сировини для перероблення у паливо цей фактор ураховують.

Паливо на основі опалого листя має біомасу, хімічний склад якої завчасно модифікується, а частинки роздрібнюють до оптимальних розмірів.

Біомасу з опалого листя модифікують для збільшення калорійності та більш повного згоряння. Паливо на основі біомаси з опалого листя для економічного використання брикетують. У такому стані паливо з опалого листя має більш практичні показники:

- малий об'єм;
- меншу вологість і масу на одиницю об'єму;
- збільшену калорійність;
- меншу зольність.

На основі сировини з опалого листя розроблено технологію, яка дозволяє виготовляти брикети для використання в топках. Для збільшення калорійності палива з опалого листя виготовляють композиції з горючими домішками.

Як домішки використовують відходи нафтової промисловості. Відходи нафтопереробки використовувались переважно ті, які не регенеруються.

Для брикетування паливних композицій як зв'язуюче використовують полівініловий спирт або відходи нафтопереробної промисловості. Ступень полімеризації полівінілового спирту (–CH₂–CH(OH)–)_n може досягти 5000 [4].

Зразки виготовляють на основі паливних композицій, які містять у своєму складі опале листя і домішки:

- горючі сланці;
- гранульоване вугілля;
- відходи нафтопродуктів, які не регенеруються;
- зв'язуюче.

Для дослідження виготовлялись зразки (циліндри розміром 10×10 мм). Ці зразки мають пористість, яка необхідна для ефективного згоряння палива, а механічні характеристики міцності дозволяють транспортувати паливо, не пошкоджуючи його структуру. Фізико-технічні властивості палива з біомаси на основі опалого листя з домішкою відходів нафтопродуктів наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-технічні властивості палива з біомаси

Параметри	Норма	Методи випробування
Зовнішній вигляд	Брикетки бурого кольору з маслянистою поверхнею	Візуально
Пористість, %	16–18	ГОСТ 19592–80
Щільність, г/см ³	1,09–1,13	ГОСТ 19592–80
Міцність стискування, кг/см ²	24–30	ГОСТ 19592–80

Нафтопродукти – відходи використовують для збільшення калорійності та якісного формування палива з біомаси на основі опалого листя.

Проведення екологічної експертизи нового виду палива

Натепер в Україні не проводять екологічної експертизи нових видів палива на основі рослинних відходів, але в технічній літературі вказують на потребу розроблення комплексної методики випробування цих палив щодо екологічної безпеки [2; 5; 6].

Пропонується розглянути комплекс теплотехнічних процесів в установках та об'єм викидів небезпечних сполук під час їх експлуатації і наступного нормування. Для екологічної оцінки нових видів палива на основі біомаси з опалого листя необхідно, щоб на державному рівні були визначені такі показники:

- токсичність вихідної сировини;
- оптимальні екологічно-теплотехнічні режими паливоспалювальних установок і пристроїв;
- токсичність викидів.

Ці показники потрібно об'єднати в комплексну методику експертної оцінки нового палива з біомаси на основі опалого листя. Оскільки цю проблему не вирішено на державному рівні, показники нового палива з опалого листя визначають традиційним способом, тобто за якісним і кількісним складом викидів [7].

Екологічну експертизу проводять традиційними способами, тобто визначають:

- коефіцієнт корисної дії установки;
- витрату палива на установці;
- питому витрату палива на виготовлення одиниці продукції (для підприємств).

Екологічну ефективність палива оцінюють кількістю забруднювальних сполук, які потрапляють у навколишнє середовище [8; 9].

Під час подальшого дослідження необхідно визначити секундний та валовий викид забруднювальних сполук.

Експериментальні дослідження оцінювання екологічної безпеки палива з біомаси опалого листя проводили на підприємстві «Чистота-К» (Київ), яке займається очищенням біомаси з оливних культур.

Лінія з перероблення опалого листя в паливо

На основі аналізу економічних і технічних показників зроблено висновок щодо доцільності вироблення брикетів, а не пілетів.

На підставі результатів аналізу існуючих варіантів обладнання для перероблення відходів із біомаси, а також власних результатів досліджень [7] обрано таку схему лінії з перероблення опалого листя:

- приймання сировини;
- склад сировини;
- сепаратор;
- подрібнювач-сушильня аеродинамічної дії (диспергатор);
- змішувач-аератор;
- прес для формування брикетів;
- обладнання для фасування.

Висновки

На основі аналізу дослідження технічних і патентних джерел в Україні, Росії та інших країн було показано, що одним із пріоритетних напрямів розвитку паливної бази України є впровадження енергозберігаючих технологій та альтернативних джерел енергії і, зокрема, палива на основі біомаси. Експериментально визначено властивості опалого листя для одержання з нього палива після спеціального перероблення.

Розроблено зразки палива із композицій опалого листя з вугіллям, горючим сланцем і відходами нафтопродуктів.

Результати екологічної експертизи показали, що паливо на основі опалого листя не становить загрози навколишньому середовищу.

Визначено, що зразки палива під час згоряння має задовільні показники шкідливих викидів та мають задовільну середню зольність у межах 9...11 %

Визначено основні технічні та фізико-хімічні вимоги до опалого листя та наповнювачів під час його використання як сировини для виготовлення палива.

Визначено оптимальний вид палива, що може бути виготовлено з опалого листя.

Аналіз результатів досліджень з перероблення опалого листя в паливо свідчить, що промислове використання розробленої технології перероблення опалого листя в паливо дозволить вирішити проблеми поліпшення стану довкілля за рахунок утилізації опалого листя, а також використовувати новий вид палива як для побутових умов, так і для промисловості, наприклад, як домішки до основного палива для котельних установок підприємств і ТЕС.

Література

1. Шурков А. Ресурсна база нетрадиційної теплоенергетики України / А. Шурков, М. Горохов, В. Писарев // Енергетика. – К.: КНУБА, 2001. – № 6.
2. Гелетуша Г.Г. Обзор технологий газификации биомассы / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Железная // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 2. – С. 21–29.
3. Гелетуша Г.Г. Обзор технологий генерирования электроэнергии, полученной из биомассы при ее газификации / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Железная // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 3. – С. 3–11.
4. Краткий справочник по химии / под ред. О.Д. Куриленко. – К, 1965.

5. Коваленко І.В. Технологія виробництва біопаливних брикетів / І.В. Коваленко, Е.Б. Литвинов, В.Н. Понамарьов // Тези всеукр. наук.-техн. конф. «Технологія-2006», 13–14 квітня 2006 р. – Северодонецьк.

6. Курінна І.Ю. Використання фізико-хімічних характеристик процесу отримання аморфного діоксиду кремнія із рослинної сировини / І.Ю. Курінна, П.І. Сорока // Тези всеукр. наук.-техн. конф. «Технологія-2006», 13–14 квітня 2006 р. – Северодонецьк.

7. Гелетуша Г.Г. Обзор технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Железная // Экотехнология и ресурсосбережение. – 1999. – Ч. 1, № 5. – С. 3–12.

8. ГОСТ 17.2.3.02-78. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. – М.: Госстандарт, 1978.

9. Використання екологічно-безпечних композиційних рідин у промисловості, транспорті та побуті / В.І. Савченко, Г.П. Карабцов, А.К. Соловейкіна, С.В. Карпенко // II Міжнар. наук. техн. конф. «Проблеми хімотології», 2–6 червня 2008 р. – К.: НАУ, 2008.

Стаття надійшла до редакції 21.01.10.

А.И. Запорожец, В.И. Савченко, Г.П. Карабцов, А.К. Соловейкина, С.В. Карпенко

ТОПЛИВО ИЗ БИОМАССЫ НА ОСНОВЕ ОПАВШЕЙ ЛИСТВЫ

Национальный авиационный университет

биомасса, нефтепродукты, опавшая листва, растительные отходы, топливо, экология

Приоритетными направлениями развития топливной базы Украины являются энергосберегающие технологии и альтернативные источники энергии. Такими источниками могут быть разнообразные промышленные и бытовые отходы. Топливо на основе растительных отходов можно использовать после специальной переработки, в основном, для бытовых целей, а для промышленности как вспомогательное к основному топливу. Создание технологий переработки растительных отходов в топливо позволит утилизировать растительные отходы и улучшить экологическое состояние окружающей среды. Результаты экологической экспертизы экспериментальных образцов топлива из опавшей листвы с углем, горючим сланцем и отходами нефтепродуктов показали, что топливо на основе опавшей листвы не представляет угрозы для окружающей среды.

Oleksandr I. Zaporozhets, Viktor I. Savchenko, Genadii P. Karabtsov, Asya K. Soloveykina, Sergii V. Karpenko

BIOMASS FUEL BASED ON DEAD LEAFS

National Aviation University

biomass, dead leaves, ecology, fuel, oil products, vegetable wastes

One of the priority directions of the Ukrainian fuel industry development is the application of the energy-saving technology and alternative energy sources. As a sort of sources the different industrial and domestic wastes could be considered. The present work is focused on the application of the special treated plant wastes for obtaining of the fuel which could be used both for the domestic purposes and in industry as an auxiliary material to the main fuel. The development of the plant waste processing technology for the fuel allows resolving of two problems: utilization of the plant waste into the fuel and the environment state improving. To obtain the fuel from the special treated dead leafs the experimental features of the dead leafs were determined. The experimental samples of the fuel and composites consisting of the dead leafs and coal, shale oil, oil products wastes have been developed. The results of the ecological assessment have shown that the fuel based on the dead leafs have no danger for the state of the environment.